

for SDS

1/1 PLUSPAT - (C) QUESTEL-ORBIT

PN - JP7173649 A 19950711 [JP07173649]

PN2 - JP3377134 B2 20030217 [JP3377134]

TI - (A) REACTIVE ION ETCHING OF LATTICE AND TWO-DIMENSIONAL  
LATTICE

STRUCTURE

PA - (A) HUGHES AIRCRAFT CO

IN - (A) TOOMASU DABURIYU DEERII; CHIYAARUZU ERU SHIYAAABU;  
HIYUU ERU

GAABIN; KURAUSU ROBINSON

AP - JP22465894 19940920 [\*\*\*1994JP-0224658\*\*\*]

PR - US12405793 19930920 [1993US-0124057]

STG - (A) Doc. Laid open to publ. Inspec.

STG2- (B2) Grant. Pat. With A from 2500000 on

Abstract

A process is provided for modifying a surface of a large area, non-planar substrate to form micro structures therein that alter its optical properties. The process includes forming the micro structures by reactive ion beam etching through a chosen pattern that has been prepared on the surface.

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

C23F 4/00

G03H 1/04

識別記号

C 8417-4K

F I

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全5頁)

(21) 出願番号 特願平6-224658

(22) 出願日 平成6年(1994)9月20日

(31) 優先権主張番号 1 2 4 0 5 7

(32) 優先日 1993年9月20日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390039147

ヒューズ・エアクラフト・カンパニー

HUGHES AIRCRAFT COM  
PANYアメリカ合衆国、カリフォルニア州 9004  
5-0066, ロサンゼルス, ヒューズ・テラ  
ス 7200

(72) 発明者 トーマス・ダブリュ・デーリー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 9030  
2、イングルウッド、シックスティーフィ  
フス・ストリート 919

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

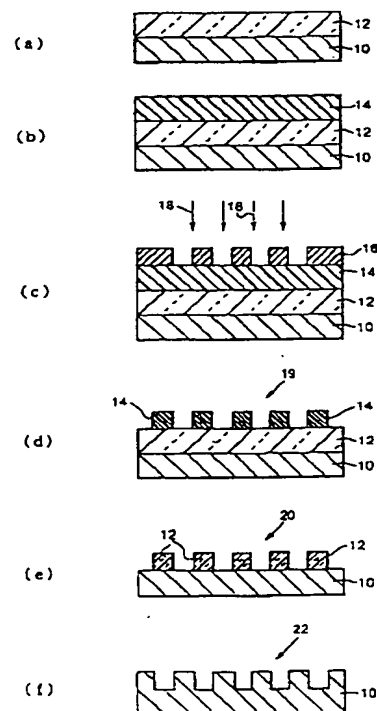
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 格子および二次元格子構造の反応性イオンエッチング

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、光学的特性を変化させる基板の表面のエッチング処理の正確な制御が可能な処理方法を得ることを目的とする。

【構成】 基板10上に被覆層12を形成し、この被覆層12の上にマスク層14を形成し、マスク層14に選択されたパターンを形成し(c)、被覆層12の部分を露出するために第1の反応性イオンビームエッチングによってマスク層14における選択されたパターンをエッチングし(d~e)、基板10の表面中に選択されたパターンを転写するために第2の反応性イオンビームエッチングによって被覆層12における選択されたパターンをエッチングする22ことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学的特性を変化させるマイクロ構造を中に形成するために基板の表面を変形する処理方法において、

前記基板の前記表面上に選択されたパターンを形成し、反応性イオンビームエッチングによって前記表面に前記選択されたパターンを通してエッチングすることを特徴とする処理方法。

【請求項 2】 (a) 前記基板上に被覆層を形成し、

(b) 前記被覆層上にマスク層を形成し、

(c) 前記マスク層に前記選択されたパターンを形成し、

(d) 前記被覆層の部分を露出するために第 1 の反応性イオンビームエッチングによって前記マスク層における前記選択されたパターンをエッチングし、

(e) 前記基板の前記表面中に前記選択されたパターンを転写するために第 2 の反応性イオンビームエッチングによって前記被覆層における前記選択されたパターンをエッチングする請求項 1 記載の処理方法。

【請求項 3】 前記基板が金属あるいはセラミックから構成される請求項 2 記載の処理方法。

【請求項 4】 前記被覆層が二酸化珪素から構成される請求項 2 記載の処理方法。

【請求項 5】 前記マスク層がフォトリソから構成される請求項 2 記載の処理方法。

【請求項 6】 前記選択されたパターンが前記選択されたパターンが形成されているコンタクトマスクを設け、このコンタクトマスクを通り紫外線放射に前記フォトリソを露出することによって前記フォトリソ層中に形成される請求項 5 記載の処理方法。

【請求項 7】 前記選択されたパターンがコヒーレントな光の 2 つのビームの干渉からホログラム映像を形成することによって前記フォトリソ層に形成されている請求項 5 記載の処理方法。

【請求項 8】 前記選択されたパターンがマイクロメートル未満の寸法の溝を具備する請求項 1 記載の処理方法。

【請求項 9】 前記溝が 1 より大きいアスペクト比を与えるために幅より大きな深さの比を有する請求項 8 記載の処理方法。

【請求項 10】 前記基板の前記表面が少なくとも 1 つの平坦でない表面であり、メートル程度の寸法範囲の領域を有している請求項 1 記載の処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、表面の光学的特性の変化に関し、特に、化学的活性イオンによる表面のイオンエッチングに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 表面の光学的特性は、表面にマイクロ構

造を製造することによって変化されることができる。これらの構造は、光格子、二次元格子構造、および 2 進光学の分野において有効である。

【0003】 光学表面に関する現在のエッチング技術は、運動衝撃による基板からの材料の除去に依存する。通常はアルゴンのような希ガスである入力イオンの運動エネルギーは衝撃時に基板に転送され、基板分子を破砕して除去する。

## 【0004】

10 【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の方法は 2 つの欠点がある。第 1 はエッチングされた領域における累積された破片の存在に関し、第 2 はエッチングされた領域の深さおよび形状の制御に関する。

【0005】 累積された破片に関して、除去された材料は、隕石がクレーター中に落下するように破片がエッチングされた構造に落下することができ、あるいはエッチングされた溝の側壁に付着することができる。この破片は、光学表面の特性を調整するのに重要である高度に画定された、すなわち深い構造のエッチングを妨げる。

20 【0006】 エッチングされた領域の深さおよび形状の制御に関して、従来の処理によるイオンの運動エネルギーは陽極電圧を調整することによって変化される。しかしながら、この制御の方法は十分な正確さを有しない。

【0007】 したがって、結局、正確な光格子、二次元格子構造、および 2 進光学の形成のために表面を変形するエッチング処理が必要となる。

## 【0008】

30 【課題を解決するための手段】 本発明によれば、その光学的特性を変化させるマイクロ構造を形成するために表面基板を変形する処理が提供される。その処理は、表面上に準備されている選択されたパターンにより反応性イオンビームエッチングによってマイクロ構造を形成することを含む。

【0009】 光学表面の反応性イオンビームエッチング (RIE) は、従来の方法に対する 2 つの異なる利点を有する。第 1 に、RIE は破片の除去を高める。反応性イオンが基板によって化学反応を受けるので、除去された材料は容易に除去される揮発性ガスの形態とすることができる。第 2 に、RIE は、特に表面が大きく、あるいは平坦でなく、通常の (プラズマ生成された) 反応性イオンエッチング (RIE) によって均一にエッチングされないときのエッチング領域の深さおよび形状の正確な制御を可能にする。材料除去方法は化学反応によるため、ガス混合物における不活性ガスに関する反応性イオンの割合を制御することによってエッチング速度の新しい制御を与え、それによってマイクロ構造の深さおよび形状の制御を与える。

## 【0010】

50 【実施例】 正確な回折格子は 20 年間にわたって製造されている。回折格子は、反射鏡基板あるいは被覆材料中

にエッチングされている周期的構造である。格子の製造の長い歴史、設計の容易さ、製造および試験によって、これらの周期的構造が開発されている。格子製造に使用される同様の製造方法および証明された容易さは、二次元格子構造および2進光学的材料を製造するために使用される。

【0011】二次元格子は、光をトラップする深さおよび周期性の溝のグリッドを含む。このような構造は、光路における迷光の効果を減少するために使用される。

【0012】2進光学装置は、アナログ状態へのデジタルアプローチである。この実施例において、一連の個々のエッチングされる工程は、平滑に変化するトポロジを有している表面に近似させるために表面に形成される。

【0013】本発明によれば、反応性イオンビームエッチング(RIBE)と呼ばれるこれらの光表面の生産を容易にするイオンエッチングの新しい方法が使用される。RIBEはそれ自体は既知の処理であるが、表面上に正確な光学的構造を製造する場合における使用は新しく考えられている。

【0014】基本的な考えは基板に関して化学的に反応するイオンにより光学表面のイオンマスクされた領域をエッチングすることであり、それによって現存している技術より早く、深くおよびさらに制御されたエッチングを生じる。これらの技術は、特に反射防止層をシミュレートする二次元格子構造の生産における光学表面を形成する新しい独特の方法を構成する。

【0015】反応性イオンビームエッチングは、光格子、二次元格子構造および2進光学装置用のすぐれたマイクロ構造表面を生成する。特定の利点は、エッチングされた形状の達成できる深さが深いことおよび正確な制御が可能なことである。これらの利点は、集積回路の製造において使用される一般的な反応性イオンエッチング技術を使用しては得られない。本発明による反応性イオンビームエッチングの使用は、マイクロ構造に基づいたすぐれた光学表面の生成に根本的に重要である。

【0016】本発明の処理は、図1および2に示されている。図1の(a)に示されている処理の第1の工程において、基板材料、すなわちバッフル材料10は通常の方法で清浄にされ、光学的被覆のために準備される。回折格子に関して、バッフルの実例は、ガラス、水晶、CdSe、あるいはZnSeのような回折格子を製造するために使用された任意の一般の材料を含む。二次元格子に関して、通常、ベリリウムあるいはアルミニウムのような軽量金属が使用される。代りとなる材料は、炭化物、ホウ化物、および窒化物のようなセラミックスを含む。

【0017】反応性ガスと反応する適当な被覆材料の薄い層12は、選択されたバッフル材料10の表面上に付着される。このような材料の1例は、二酸化珪素 $\text{SiO}_2$ である。別の酸化物も本発明の実施において使用されるこ

とができる。

【0018】被覆材料12は、ピンホールがないように十分な厚さでなければならないが、RIBEの使用によるエッチングに過度の時間を必要とする厚さではない。一般に、被覆材料12は約0.05乃至0.5 $\mu\text{m}$ の厚さの範囲である。1例として、 $\text{SiO}_2$ に関しては、約0.2 $\mu\text{m}$ の厚さが十分であると考えられる。

【0019】図1の(b)に見られるように、被覆層12は、格子あるいはその他の光構造を形成するために所望の周期的構造を光学的に記録するために使用されるフォトレジスト層14で覆われる。フォトレジスト層14の組成およびその処理は通常よく知られている。フォトレジスト層14は、下側の被覆層12へのパターンの転写を可能にするのに十分な厚さに付着される。

【0020】パターンをフォトレジスト層14に形成するために、マスク16がフォトレジストの表面上に配置され、典型的に10乃至20秒の周期で紫外線光源(図示されていない)からの紫外線(UV)放射18によって照射される。水銀の光源が都合よく使用される。処理のこの部分は図1の(c)に示されている。マスク16の透明な部分(図示されていない)を通過する短い波長の放射18は、フォトレジストの露出された領域において化学変化を生じる。

【0021】ホログラフィック映像の生成を含んでいる別の実施例において、コヒーレントな光の2つのビームは基板表面で干渉され、フォトレジスト層14中に記録される干渉縞パターン(図示されていない)を形成する。UV放射の使用にまさるこの方法の利点は、直径1メートル程度の大きな領域が処理されることができることである。例えば、約4131オングストロームの波長の可視スペクトルの青い部分において動作するレーザが使用される。

【0022】接触プリントマスク16は、開口領域および影の領域を有する金属あるいはプラスチック基板を具備する。フォトレジスト層14上にマスク16を配置し、光線18で照射することによって、マスクの開口領域はフォトレジストを露光することを可能にし、影の領域は暗く露出されないままである。

【0023】現像材料を使用して、フォトレジスト14の露出された領域は、図1の(d)に示されているようにフォトレジストにおける所望の周期的構造を残して洗い取られる。パターンは、輪郭特徴が良好に画定され、フォトレジストパターンの列の開口が開けられることを決定するために顕微鏡で検査される。

【0024】次に、CF<sub>4</sub>、あるいはCHF<sub>3</sub>のようなフッ素含有ガス状エッチング剤による反応性イオンビームエッチングを使用して、パターン19は図1の(e)に示されているような複製されたパターン20を形成するために $\text{SiO}_2$ 層12に転送される。反応性イオンビームエッチング中の圧力は、 $10^{-3}$ 乃至 $10^{-1}$ トルの範囲にわた

る。

【0025】フォトレジスト14によってマスクされているSiO<sub>2</sub>層12の領域は被覆されており、フッ素イオンと反応せず、エッチングしない。フォトレジスト層14の残りの部分は、通常の溶剤を使用して除去される。

【0026】異なる反応性化学的種を使用している第2のイオンエッチングは、図1の(f)に示されているように基板10にパターン20を模写し、溝22を形成する。例えば、ベリリウムおよびアルミニウムに関して、反応性イオンエッチング剤は、アルゴンまたはヘリウムのような不活性ガスキャリアによる塩素である。このような塩素含有エッチング液の1実施例はCCl<sub>4</sub>である。再び、圧力は、10<sup>-3</sup>乃至10<sup>-1</sup>トルの範囲である。

【0027】SiO<sub>2</sub>材料12はフォトレジストよりさらに耐久性があり、基板10中の溝22のエッチング中に劣化されない。最終工程として、SiO<sub>2</sub>層12は、乱されていない周期的特徴22を残して基板10から化学的に除去される。

【0028】本発明の処理は、赤外線用の場合に関して、2乃至3μmの周期性を有する間隔が約1μmで深さが約0.5乃至1.5μmの深さの溝の製造を可能にする。可視スペクトル用の場合に関して、溝は、約0.5μmの周期性を有しており、間隔が0.5乃至1.5μmであり、深さが約0.7μmである。前述の例示的な寸法および波長は、二次元格子用の場合に関する。

【0029】回折格子に関して、同じ周期性が使用されているが、深さは回折される波長に依存して約0.1μm乃至約0.25μmの範囲である。

【0030】本発明は、大きな領域（メートル程度の寸法）の平坦でない表面上の1以上のアスペクト比を有している溝のようなマイクロメートル未満の寸法の製造を効果的に可能にし、ここで使用されるアスペクト比は深さと幅の比として定められる。このような性能は、通常のパラマR I Eあるいはイオンビームミリング（スパッタ）によっては得られない。

【0031】2進光学的表面の処理において、マスクパターンが表面の一部分に供給され、残りの（開いた）領域はエッチング処理によって除去される。所望の最終的な光学的表面はマスクおよびエッチング工程の反復によって形成され、マスク周期性およびエッチング深さは所望の形状を生成するために設定する。

【0032】反応性イオンビームエッチングは非常に正確であり、制御可能な処理である。図2に示されているように、基板10は水平面において均一なエッチングを達成するためにイオンソース26の前方で水冷式の移動ステージ24によって移動される。成形された開口28は、垂直方向の均一性を与えるためにイオンソース26において生成されたイオンビーム30の前方に位置される。

【0033】イオンソース26は、イオン放電チャンバ34中に反応性ガスあるいは反応性ガス混合物を導入する反

応性ガス入力ライン32を具備する。反応性ガスは、CF<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>、SF<sub>6</sub>、CL<sub>2</sub>、CCl<sub>4</sub>等のような反応性イオンエッチングにおいて使用された任意の反応性ガスから形成される。反応性ガス混合物は、1つ以上の反応性ガスの混合物、あるいは1つ以上の不活性ガスと1つ以上の反応性ガスとの混合物を含む。不活性ガスの例として、He、Ar、Xe等が含まれる。

【0034】図示されていない手段によって付勢される陰極36は、ガス混合物からイオン40および電子42を形成する。磁極部材44は、プラズマ効率を改善するために随意に使用される。このような磁極部材は、通常、市販のR I B E装置に組み込まれている。中和装置46はイオンビーム中にトラップされる超過した数の電子を供給し、表面電荷がイオン衝突ビームおよび反応性の種をはね返し、あるいは歪ませる原因となる絶縁表面上の蓄積を防ぐ。

【0035】本発明の実施においてR I B E装置を動作させる処理条件は通常のとおりである。通常、圧力は約10<sup>-1</sup>トルであり、ビーム電流密度は1平方センチメートル当たり約1ミリアンペア（mA/cm<sup>2</sup>）までである。ガスの流速は、特定の適用に対して変化するが、1分当たり約8立方センチメートル（sccm）である。

【0036】前述の処理を使用して、±20オングストローム内の誤差で設計された深さに種々の材料に溝を形成する能力は証明されている。基板を横切るエッチングの深さの均一性は、一定の±20オングストロームである。

【0037】本発明の反応性イオンビームエッチング処理は、光学的材料の表面において非常に正確な特徴を生成する。これらの特徴は、強度のレーザビーム内の照射中に損傷を受けやすい小さなフィラメントおよびこぶ状部分がないことである。

【0038】所望ではないが考慮されているエッチング処理は、その中にパターン20を模写するための基板10の表面の通常アルゴン付着エッチングである。このアルゴンイオン整合処理は、反応性イオンビームエッチングと比較されるときにいくつかの欠点を有する。第1は、必要とされた深さの高品質の特徴を生成することが不可能である。2、000オングストローム程度に溝が深い場合アルゴン付着処理によれば、材料は除去中に溝の上部へ除去されず、材料は溝の側壁および底部に再付着する。この材料の再付着は、粗く、幾つもの小さな材料のこぶ状部分から成る特定の組織を有する溝の上部および側面に生じる。これらのこぶ状組織は、レーザからの熱衝撃あるいは機械的衝撃のような衝撃の場合には側壁にしっかりと付着されておらず、これらのこぶ状部分は脱落し、光学的装置の故障を生じる。

【0039】このように、基板に光学的構造を製造するための反応性イオンビームエッチング処理が開示されている。明瞭な性質の様々な変化および変更が本発明の技

10

20

30

40

50

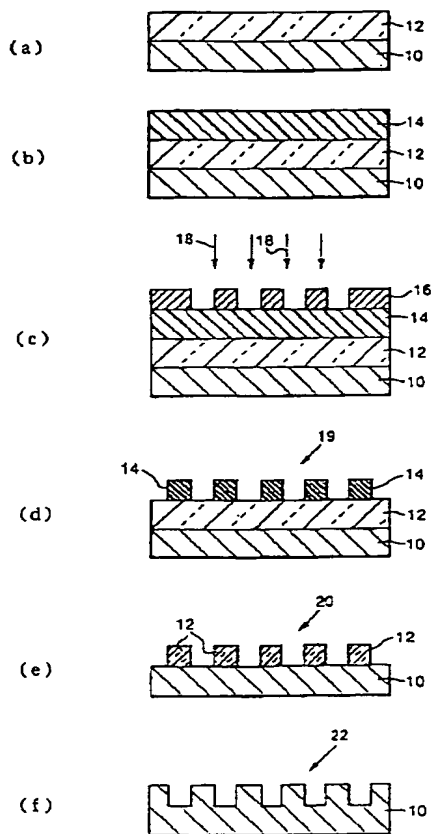
術的範囲から逸脱することなしに行われ、このような変化および変更の全てが特許請求の範囲に限定されているように本発明の技術的範囲内にあると考えられることは、当業者に容易に明瞭となるであろう。

【図面の簡単な説明】

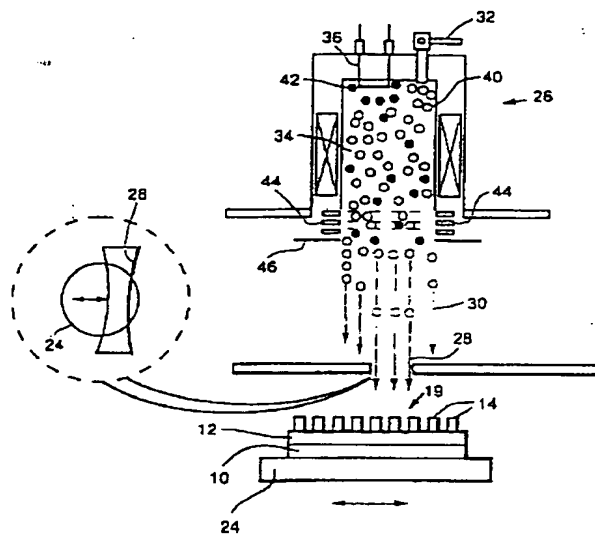
【図 1】 本発明の処理の断面図。

【図 2】 本発明の実施において使用される装置の概略図。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 チャールズ・エル・シャアープ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 10570、  
プレザントビル、パーク・ストリート 77

(72)発明者 ヒュー・エル・ガービン  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
90265、マリブ、ホライゾン・ドライブ  
5540

(72)発明者 クラウス・ロビンソン  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
91367、ウッドランド・ヒルズ、ナンバー  
13、カルバート・ストリート 22040